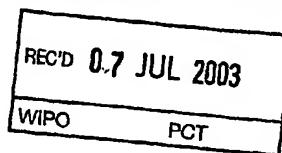


10/511336

R E P U B L I Q U E F R A N C A I S E

PCT/FR 03/01100



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 09 AVR. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75000 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

26bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 Paris Cédex 08
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES 17 AVR 2002 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL 0206815 DÉPARTEMENT DE DÉPÔT 75 DATE DE DÉPÔT 17 AVR. 2002	Albert GRYNWALD 127 rue du Faubourg Poissonnière 75009 PARIS France
Vos références pour ce dossier: B10800	

1 NATURE DE LA DEMANDE	
Demande de brevet	
2 TITRE DE L'INVENTION	
	MOTEUR DIESEL COMPORTANT UN DISPOSITIF DE CONTRÔLE DU DÉBIT D'INJECTION DE CARBURANT
3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUÊTE DU BENEFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE	Pays ou organisation Date N°
4-1 DEMANDEUR	
Nom	PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA
Rue	65 Boulevard du Chateau
Code postal et ville	92200 NEUILLY SUR SEINE
Pays	France
Nationalité	France
Forme juridique	Société anonyme
N° SIREN	542 065 479
Code APE-NAF	341Z
4-2 DEMANDEUR	
Nom	DELPHI DIESEL SYSTEMS FRANCE SOCIETE PAR ACTIONS SIMPLIFIEE
Rue	89 Boulevard National
Code postal et ville	92250 LA GARENNE COLOMBES
Pays	France
Nationalité	France
Forme juridique	Société par actions simplifiée
N° SIREN	712 061 332
Code APE-NAF	343Z

5A MANDATAIRE				
Nom	GRYNWALD			
Prénom	Albert			
Qualité	CPI: 95-1001			
Cabinet ou Société	Cabinet GRYNWALD			
Rue	127 rue du Faubourg Poissonnière			
Code postal et ville	75009 PARIS			
N° de téléphone	01 53 32 77 35			
N° de télécopie	01 53 32 77 94			
Courrier électronique	Cabinet.Grynwald @wanadoo.fr			
6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS		Fichier électronique	Pages	Détails
Désignation d'inventeurs				
Description		b10800 dépôt.pdf	20	
Revendications		b10800 dépôt.pdf	4	23
Dessins			9	16 fig., 3 ex.
Abrégé		b10800 dépôt.pdf	1	
Listage des sequences, PDF				
Rapport de recherche				
Chèque				
7 RAPPORT DE RECHERCHE				
Etablissement immédiat				
8 REDEVANCES JOINTES		Devise	Taux	Quantité
Total à acquitter		EURO		Montant à payer
				0.00
9 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE				

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

MOTEUR DIESEL COMPORTANT UN DISPOSITIF DE CONTRÔLE DU DÉBIT
D'INJECTION DE CARBURANT

La présente invention se rapporte à un moteur diesel comportant un dispositif de contrôle du débit d'injection de carburant.

Dans un moteur 10 diesel (figure 1) à rampe commune, chaque cylindre 12, 14, 16 et 18 comporte une chambre de combustion 13₁₂, 13₁₄, 13₁₆ ou 13₁₈ dans laquelle est injecté un carburant au moyen d'un injecteur 20₁₂, 20₁₄, 20₁₆ ou 20₁₈ relié à la rampe commune 22. Dans cette dernière, le carburant est maintenu à haute pression par une pompe 24 connectée, via un conduit 26, au réservoir (non représenté) du véhicule, permettant ainsi d'effectuer des injections de carburant dans chaque cylindre à des pressions élevées, généralement comprises entre 200 et 1600 bars.

Le fonctionnement de chaque injecteur 20_i est contrôlé par une unité 28 qui commande la quantité de carburant injectée par cet injecteur dans la chambre 13_i. Pour cela, cette unité 28 reçoit des informations telles que le couple C requis par le conducteur du véhicule ou la pression P du carburant dans la rampe commune, et commande en conséquence une durée d'ouverture ou d'activation de l'injecteur 20_i telle que ce dernier injecte

dans la chambre 13_i la quantité de carburant nécessaire à l'obtention du couple requis par le conducteur.

Cette durée d'activation est déterminée en fonction de la quantité de carburant devant être injectée dans les chambres et de la pression de carburant dans la rampe commune. La durée d'activation dépend en outre des caractéristiques de l'injecteur, c'est pourquoi elle est prédéterminée par le constructeur, par exemple de façon empirique. Toutefois, il est connu que le fonctionnement d'un injecteur équipant un véhicule présente des écarts par rapport au fonctionnement prédéterminé. En effet, la prédétermination est effectuée au moyen d'un injecteur modélisé ne prenant en compte ni les tolérances acceptées lors de l'usinage des injecteurs, ni surtout l'usure de ces derniers comme expliqué ci-dessous à l'aide de la figure 2 qui représente le fonctionnement d'un injecteur 20_i après un certain temps de fonctionnement, par exemple l'injecteur 20₁₂, et d'un injecteur modélisé utilisé pour déterminer les données mémorisées dans l'unité 28.

Sur cette figure 2 on a représenté la quantité de carburant injectée en milligrammes (axe des ordonnées 32) dans la chambre de combustion du cylindre i par l'injecteur modélisé (courbe 34) en fonction d'une durée (axe des abscisses 30) d'activation de cet injecteur déterminée en microsecondes. La courbe 36 correspond à l'injection effectuée par l'injecteur 20₁₂ usé.

A partir de la courbe 34, on constate dans un premier temps que, pour un injecteur modélisé, il existe un temps minimal ΔT_{Ma} d'activation à compter de l'émission de la commande d'injection (instant T_{28}) avant que l'injection de carburant ne débute dans la chambre et que, dans un deuxième temps, la quantité de carburant injectée varie linéairement par rapport au temps, ce rapport entre quantité de carburant injectée et temps d'activation étant dénommé par la suite pente de fonctionnement de l'injecteur modélisé.

La courbe 36 montre que pour l'injecteur réel 20₁₂ usé, le temps minimal d'activation est plus important : ΔT_{MA} et Δt . En outre, la pente de fonctionnement de l'injecteur 20₁₂ est moins importante que celle de l'injecteur modélisé.

5 Ces écarts présentent des inconvénients gênants pour le fonctionnement du moteur. En effet, lorsqu'un injecteur fonctionne avec un décalage Δt et/ou avec une pente de fonctionnement modifiée, les durées d'activation commandées par l'unité 28 provoquent l'injection d'une quantité de carburant
10 dans les chambres de combustion distincte de la quantité optimale prédéterminée. Par exemple, en considérant qu'une quantité K_m (figure 2) de carburant doit être injectée dans le cylindre 12, l'unité 28 commande une durée d'activation ΔT_k déterminée à partir de la courbe 34. Toutefois, l'injecteur 20₁₂
15 introduit alors réellement une quantité K_{12} de carburant déterminée par la courbe 36, sensiblement plus faible que la quantité attendue du fait des écarts de fonctionnement dus aux tolérances, à l'usinage et/ou à l'usure des injecteurs.

Ces écarts sont d'autant plus gênants que la pression
20 du carburant est élevée car lorsque cette pression augmente, les écarts en quantités de carburant injectées entre un injecteur, par exemple ayant déjà fonctionné un certain temps, et un injecteur modélisé croissent généralement.

Ces écarts provoquent une baisse des performances
25 (couple, puissance), une augmentation du bruit de combustion et/ou une augmentation des émissions polluantes du moteur, en particulier des oxydes d'azote.

Ces problèmes peuvent concerner l'ensemble des cylindres d'un moteur ou chaque cylindre séparément.

30 La présente invention résulte de la constatation que la correction du décalage Δt d'injection d'un injecteur est suffisante pour corriger de façon satisfaisante les écarts de fonctionnement des injecteurs réels par rapport au fonctionnement prédéterminé, comme décrit ci-dessous à l'aide
35 des figures 3 et 4.

Sur la figure 3 on a représenté des écarts Δg (axe des ordonnées 42), mesurés en milligrammes, entre, d'une part, la quantité de carburant commandée (axe des abscisses 40), également en milligrammes, à un premier injecteur présentant
5 seulement un décalage Δt d'injection, et, d'autre part, la quantité de carburant, en milligrammes, réellement injectée par cet injecteur. Différentes mesures 44₁, 44₂, 44₃, 44₄, 44₅ et 44₆ réalisées à différentes pressions de carburant à l'injection (respectivement 230, 540, 680, 810, 950 et 1200 bars pour les
10 courbes 44₁ à 44₆) montrent que l'écart Δg le plus important intervient pour des commandes de carburant inférieures à 15 milligrammes, notamment pour des commandes de l'ordre de 7 milligrammes. Ces mesures se rapportent à un décalage Δt , sans modification de pente par rapport à l'injecteur modélisé.

15 Sur la figure 4 on a représenté les écarts mesurés $\Delta g'$ (axe des ordonnées 42') en milligrammes entre la quantité de carburant commandée (axe des abscisses 40'), également indiquée en milligrammes, et la quantité de carburant réellement injectée dans le cas où l'on tient compte pour l'injecteur testé non
20 seulement d'un décalage Δt mais aussi d'une pente de fonctionnement modifiée.

En comparant les écarts Δg et $\Delta g'$, on observe que pour des quantités de carburant commandées inférieures à 15 milligrammes, l'écart Δg de la figure 3, où seul un décalage Δt
25 à l'injection est pris en compte, est pratiquement égal à l'écart $\Delta g'$ de la figure 4 où le même décalage Δt à l'injection et une pente de fonctionnement distincte sont considérées.

Par ailleurs, la réglementation, notamment européenne, tend à limiter la quantité de carburant injectée dans les
30 chambres de combustion à 15 mg dans les conditions habituelles de conduite. Autrement dit, les quantités injectées qui seraient supérieures à cette valeur ne sont pas représentatives de la majorité des parcours effectués par un véhicule, notamment des parcours urbains.

C'est pourquoi, l'invention concerne un moteur diesel comportant un dispositif de contrôle du débit d'injection de carburant, ce dispositif comprenant au moins un injecteur de carburant commandé par un processeur, qui est caractérisé en ce
5 que le processeur comprend des moyens pour commander une série d'activations de l'injecteur de différentes durées, des moyens pour mesurer un temps minimal d'activation entre l'émission d'une commande et le début d'une injection, et des moyens pour commander ultérieurement l'injecteur en fonction du temps
10 minimal d'activation mesuré.

En effectuant une série d'activations de différentes durées d'un injecteur, le processeur peut déterminer la durée d'activation minimale (ΔT_{MA} et Δt) réellement nécessaire à cet injecteur pour effectuer une injection de carburant dans la
15 chambre de combustion, c'est-à-dire le temps minimal d'activation de l'injecteur. Dès lors, en comparant le temps minimal d'activation mesuré (ΔT_{MA} et Δt) avec le temps minimal d'activation prédéterminé (ΔT_{MA}), le processeur peut déterminer le décalage (Δt) affectant cet injecteur. Le décalage (Δt) étant
20 déterminé, le processeur peut corriger ses commandes vis-à-vis de l'injecteur en considérant que la durée d'activation minimale nécessaire pour débiter une injection est égale au temps minimal d'activation prédéterminé (ΔT_{MA}) modifié par le décalage (Δt), positif ou négatif, déterminé par mesure. Ainsi, les durées
25 d'activation commandées par le processeur sont corrigées de ce décalage (Δt).

Dans une réalisation, les moyens pour commander les durées d'activation comprennent des moyens pour modifier un temps minimal d'activation prédéterminé d'un décalage résultant
30 de la mesure.

Selon une réalisation, pour mesurer le temps minimal d'activation, la chambre de combustion alimentée par l'injecteur comprend des moyens pour mesurer un paramètre physique modifié par une injection de carburant et des moyens pour transmettre
35 ces mesures au processeur.

Dans ce cas, dans une réalisation, le paramètre physique mesuré étant la pression dans la chambre, cette dernière comporte un capteur mesurant la pression et transmettant cette mesure au processeur.

5 Selon une réalisation, le processeur comporte des moyens pour que les activations utilisées pour mesurer la pression soient distinctes des activations commandant les injections principales de carburant destinées à générer un couple au moteur.

10 Selon un mode de réalisation, le processeur comporte des moyens pour que les activations correspondent à des injections pilotes destinées à établir des conditions optimales de température dans le cylindre vis-à-vis des injections principales.

15 Dans une réalisation, le processeur comprend des moyens pour évaluer le dégagement de chaleur effectué par le mélange d'air et de carburant dans la chambre et mesurer le temps minimal d'activation à partir de ces évaluations.

20 Dans une réalisation, le processeur comporte des moyens pour déterminer le dégagement de chaleur à partir de mesures de pression dans la chambre.

Selon une réalisation, le processeur comporte des moyens pour évaluer le dégagement de chaleur à partir des mesures de pression à l'aide d'une relation du type :

25
$$\delta Q = 1/(\gamma - 1) * (\gamma P * dV + V * dP),$$

où δQ est le dégagement de chaleur, P et V la pression et le volume du mélange dans la chambre, dP et dV leurs variations et γ est une constante.

30 Dans une réalisation, le processeur comprend des moyens pour déterminer le temps minimal d'activation en évaluant le dégagement de chaleur moyen sur un intervalle du cycle moteur comprenant l'injection pilote.

Selon une réalisation, le processeur comprend des moyens pour déterminer le temps minimal d'activation à partir de

mesures d'un courant ionique détecté dans une chambre de combustion alimentée par l'injecteur.

5 Dans une réalisation, l'électrode permettant de mesurer le courant ionique dans la chambre est une bougie de préchauffage et/ou l'injecteur.

Selon un mode de réalisation, le processeur comprend des moyens pour déterminer le temps minimal d'activation à partir de mesures de courant ionique engendré par une injection pilote de carburant.

10 Dans une réalisation, le moteur comprend plusieurs injecteurs alimentés en carburant par une rampe commune.

Selon une réalisation, la série d'activations de l'injecteur est effectuée à pression d'alimentation et régime constants.

15 Dans une réalisation, le processeur comprend des moyens pour effectuer de façon périodique les séries d'activations.

L'invention concerne aussi un processeur de commande du débit d'injection de carburant dans un moteur à combustion interne caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour 20 commander une série d'activations de différentes durées à un injecteur, des moyens pour mesurer un temps minimal d'activation entre l'émission d'une commande et le début d'une injection, et des moyens pour commander ultérieurement cet injecteur en 25 fonction du temps minimal d'activation mesuré.

Dans une réalisation, le processeur comprend des moyens pour modifier un temps minimal d'activation prédéterminé d'un décalage résultant de la mesure.

30 Selon un mode de réalisation, le processeur comprend des moyens pour que les activations utilisées pour mesurer le temps minimal d'activation soient distinctes des activations commandant les injections principales de carburant destinées à générer un couple au moteur.

35 Dans une réalisation, le processeur comporte des moyens pour que les activations correspondent à des injections

pilotes destinées à établir des conditions optimales de température dans le cylindre vis-à-vis de l'injection principale.

Selon un mode de réalisation, le processeur comprend
5 des moyens pour évaluer le dégagement de chaleur effectué par le mélange d'air et de carburant dans la chambre et mesurer le temps minimal d'activation à partir de ces évaluations.

Dans une réalisation, le processeur comprend des
10 moyens pour déterminer le temps minimal d'activation à partir de mesures d'un courant ionique détecté dans une chambre de combustion alimentée par cet injecteur.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront avec la description de certaines de ses réalisations effectuée ci-dessous à titre non limitatif en se
15 référant aux dessins ci-annexés sur lesquels :

La figure 1, déjà décrite, représente un moteur diesel connu équipé d'une rampe commune,

la figure 2, déjà décrite, représente des écarts de fonctionnement entre un injecteur réel et un injecteur modélisé,

20 les figures 3 et 4, déjà décrites, représentent des écarts de fonctionnement entre des injecteurs réels et un injecteur modélisé,

la figure 5 représente des mesures de pression dans une chambre de combustion suivant une première réalisation de
25 l'invention,

la figure 6 représente des évaluations de dégagements de chaleur dans une chambre de combustion suivant une deuxième réalisation de l'invention,

la figure 7 représente des évaluations de dégagements
30 de chaleur mesurés dans différentes chambres de combustion suivant différents temps d'activation des injecteurs de ces chambres,

la figure 8 est un diagramme représentant, sous forme de blocs, différentes opérations effectuées par une unité
35 centrale conforme à l'invention,

la figure 9 est un diagramme, également sous forme de blocs, d'une opération représentée sur la figure 8,

la figure 10 représente une linéarisation de mesures effectuées dans une chambre de combustion conformément à l'invention,

la figure 11 représente une utilisation de la linéarisation décrite à la figure 10,

les figures 12 et 13 représentent des mesures de courant conformément à une troisième réalisation de l'invention,

les figures 14 et 15 représentent des mesures de courant conformément à une quatrième réalisation de l'invention, et

la figure 16 représente une combinaison de la troisième et de la quatrième réalisations de l'invention.

Les diverses réalisations de l'invention décrites ci-dessous sont relatives à des moteurs diesel comprenant des cylindres munis d'un injecteur de carburant commandé par une unité centrale (microprocesseur). Cette unité comprend des moyens, conformes à l'invention, pour effectuer une série d'activations de différentes durées pour chaque injecteur et mesurer le temps minimal d'activation de l'injecteur de façon à modifier les durées d'activation commandées à cet injecteur d'un décalage (Δt) déterminé entre le temps minimal d'activation mesuré et le temps minimal d'activation prédéterminé.

Par ailleurs, dans ces réalisations, la mesure du temps minimal d'activation d'un injecteur s'effectue en détectant les variations d'un paramètre de la chambre de combustion modifié par une injection de carburant, cette chambre comprenant des moyens pour transmettre ces détections à l'unité.

Dans une première réalisation, le paramètre physique détecté est la pression dans les chambres de combustion. A cet effet, chaque chambre comporte un capteur mesurant sa pression interne et transmettant ces mesures à l'unité centrale, cette dernière comprenant des moyens pour recevoir ces mesures et déterminer le temps minimal d'activation mesuré.

Dans cette première réalisation, comme dans toutes les réalisations décrites ci-dessous, les séries d'activations commandées à des injecteurs pour détecter leur décalage sont distinctes des activations commandant l'injection de carburant, dite injection principale, qui fournit le couple du moteur. Plus
5 précisément, ces activations correspondent à des injections de carburant, dites pilotes, qui permettent d'établir dans les chambres de combustion des conditions optimales de température et de pression vis-à-vis de l'injection principale postérieure.

10 Ces deux injections, pilote et principale, sont représentées sur le diagramme de la figure 5 où l'axe 52 des ordonnées correspond à la pression mesurée en bars dans une chambre de combustion d'un cylindre et l'axe 50 des abscisses correspond à l'angle du vilebrequin de ce cylindre, c'est-à-dire
15 le parcours du cycle à quatre temps (injection, compression, combustion/ détente et échappement) de combustion effectuée par ce cylindre. L'angle 0 correspond à la position du piston au Point Mort Haut (PMH), les angles négatifs correspondent aux étapes d'injection et de compression et les angles positifs
20 correspondent aux étapes de combustion/détente et d'échappement.

La mesure de la pression dans la chambre alimentée par l'injecteur testé est effectuée pour différentes durées croissantes d_1 , d_2 , d_3 et d_4 d'activation à une pression de carburant à l'injection constante telle que 200, 400, 600, 800,
25 1200 ou 1600 bars. Une courbe D_i indiquant la pression mesurée dans le cylindre en fonction de l'avancement du cycle de combustion est alors obtenue, à une pression donnée de carburant à l'injection, pour chaque durée d_i d'activation de l'injecteur.

On observe alors que la durée d_1 (courbe D_1) est telle
30 qu'aucune injection pilote n'est effectuée tandis que les durées d_2 (courbe D_2), d_3 (courbe D_3) et d_4 (courbe D_4) engendrent une injection pilote caractérisée par une augmentation 56 de pression, due à l'injection pilote, tandis qu'une deuxième augmentation 58 de pression est engendrée par l'injection
35 principale.

En commandant une série d'injections pilotes de différentes durées d'activation à chaque cycle, une unité de commande peut établir la durée minimale d'activation d'un injecteur en vérifiant la présence d'une augmentation Δp de pression pour cette durée qui correspond alors au temps minimal d'activation mesuré pour cet injecteur. L'unité détermine le décalage Δt de cet injecteur c'est-à-dire l'écart entre le temps minimal d'activation prédéterminé et le temps minimal d'activation mesuré, et commande alors correctement l'injecteur en affectant ultérieurement (après ces mesures) les durées d'activation commandées à cet injecteur d'un décalage Δt .

Chaque courbe de la figure 5 est obtenue grâce à une pluralité d'essais effectués lorsque le moteur est à régime et à charge fixés, la quantité de carburant injectée lors de l'injection principale étant aussi constante.

Il peut être difficile de mesurer l'augmentation Δp de pression due à l'injection pilote, notamment du fait que cette dernière est proche du PMH qui génère une augmentation de pression supérieure à l'augmentation de pression Δp propre à l'injection pilote. Dans ce cas, les mesures peuvent être insuffisamment précises. C'est pourquoi, dans une deuxième réalisation de l'invention, des mesures de chaleur dégagée dans une chambre de combustion sont utilisées comme le paramètre physique permettant de déterminer un décalage d'un injecteur. De tels dégagements de chaleurs peuvent être déterminés, par exemple, à partir des mesures de pression effectuées précédemment. La détection des injections de carburant, et donc la détermination du temps minimal d'activation mesuré s'effectue alors avec une plus grande précision comme décrit ci-dessous.

Le dégagement de chaleur δQ effectué dans une chambre de combustion lors d'une injection de carburant engendre une variation de la pression de la chambre. En effet, en considérant le premier principe de la thermodynamique appliqué au système composé par le mélange gazeux d'air et de carburant injecté dans le cylindre, on peut écrire :

$$dU = \delta W + \delta Q \quad (1)$$

où dU est la variation d'énergie interne du carburant, et δQ et δW sont la chaleur et le travail reçus par ce mélange.

Le mélange étant considéré comme un gaz parfait, on peut
5 aussi écrire:

$$dU = n \cdot C_v \cdot dT \quad (2) \quad \text{et} \quad PV = nRT \quad (3)$$

où n est le nombre de moles du mélange et C_v sa capacité calorifique, dT est sa variation de température et P , V et T sont respectivement sa pression, son volume et sa température, R
10 étant une constante égale à 8,314.

Le travail élémentaire δW du mélange en extension étant égal à $-PdV$, la relation (1) devient :

$$\delta Q = n \cdot C_v \cdot dT - PdV \quad (1bis).$$

En différenciant (3) on obtient alors

$$15 \quad n \cdot dT = (P \cdot dV + V \cdot dP) / R,$$

ce qui permet de développer l'équation (1bis) en

$$\delta Q = (C_v/R - 1) \cdot P \cdot dV + C_v/R \cdot V \cdot dP \quad (1ter).$$

Pour un gaz parfait, on a la relation $C_v/R = 1/(\gamma - 1)$ avec γ coefficient polytropique, $\gamma \approx 1.34$, qui permet d'obtenir, à partir
20 de (1ter) :

$$\delta Q = 1/(\gamma - 1) \cdot (\gamma P \cdot dV + V \cdot dP). \quad (4)$$

δQ se décompose en $\delta Q = \delta Q_{\text{combustion}} + \delta Q_{\text{parois}}$ où $\delta Q_{\text{combustion}}$ représente la chaleur reçue par le mélange lors de la combustion et δQ_{parois} la chaleur perdue aux parois. Dans un premier temps, on
25 néglige le terme δQ_{parois} .

La relation entre le dégagement de chaleur et l'avancement du cycle de fonctionnement du cylindre est représentée sur la figure 6 qui détermine le dégagement de chaleur dQ (axe 62 des ordonnées) évalué en joules par degré de vilebrequin dans une chambre de combustion en fonction de
30 l'avancement du cycle de combustion dans le cylindre (axe 60 des abscisses) mesuré en degrés de vilebrequin. Cette figure 6 a été obtenue en appliquant la formule (4) ci-dessus à des mesures de pression obtenues comme représentées à la figure 5, le volume V

et la variation dV du mélange gazeux étant obtenus à partir du volume de la chambre et de sa variation.

Sur cette figure 6 on a représenté différentes courbes (D'_1 , D'_2 , D'_3 et D'_4) représentant les dégagements de chaleur évalués en fonction de différentes durées (respectivement d'_1 , d'_2 , d'_3 et d'_4) d'activation de l'injecteur testé à des pressions constantes d'injection de carburant dans la chambre telles que 200, 400, 800, 1200 ou 1600 bars. On observe alors qu'un dégagement de chaleur (zone 56' de la figure 6) révélant une injection pilote se détecte plus aisément qu'une augmentation de pression telle que précédemment décrite (zone 56 de la figure 5), notamment du fait qu'au PMH, postérieur à l'injection pilote, il ne se produit pas de dégagement de chaleur. On constate aussi que pour la durée d'_1 d'activation correspondant à la courbe D'_1 , aucune injection pilote n'est effectuée.

Dès lors, la détection du temps minimal d'activation au moyen des dégagements de chaleur calculés est plus précise, comme montré sur la figure 7 qui représente des mesures de dégagements de chaleur (axe 72 des ordonnées) en joules par degré de vilebrequin, en fonction de différentes durées d'activation mesurées en microsecondes (axe 74 des abscisses) pour quatre injecteurs testés i_1 (courbe D_{i1}), i_2 (courbe D_{i2}), i_3 (courbe D_{i3}), et i_4 (courbe D_{i4}). Une mesure de dégagement de chaleur est obtenue, pour un injecteur i_j et pour une durée d'activation d_j donnée, en intégrant la surface 56' de la figure 6 obtenue avec l'injecteur i_j et la durée d_j d'activation.

On constate ainsi que le dégagement de chaleur passe d'une valeur nulle à une valeur positive lorsque l'injection pilote a effectivement lieu dans le cylindre, aux alentours de 265 microsecondes, une telle variation étant plus simple à détecter qu'une variation dans la croissance d'un paramètre, comme effectué selon le premier mode de réalisation.

Par ailleurs, les essais effectués par des mesures de chaleur montrent une très faible dispersion dans les résultats

obtenus ainsi qu'une grande robustesse pour les différentes pressions auxquelles ont été effectuées ces tests.

Sur la figure 8 est représenté un diagramme des opérations effectuées par une unité 80 corrigeant les commandes d'injection émises vis-à-vis de quatre injecteurs conformément à l'invention. A cet effet, cette unité 80 est informée du régime R et du couple C du moteur de façon à détecter (bloc 82) si le moteur opère à un point de fonctionnement auquel une détermination du décalage d'injection doit être effectuée, ce point étant défini par des conditions de couple C et de régime R du moteur ainsi que par la pression P du carburant à l'injection, cette pression P étant imposée par les conditions de couple C et de régime R.

Si tel est le cas, l'unité 80 effectue une détermination (bloc 84) qui fixe les instants d'injection de carburant à des valeurs prédéterminées. Dans cet exemple, ces instants sont fixés, pour l'injection principale, à plus quinze degrés et pour l'injection pilote à moins quinze degrés de vilebrequin. L'instant d'injection principale est fixé préalablement à l'instant d'injection pilote de façon à assurer le maintien du couple C délivré par le moteur et à ne pas perturber la marche du véhicule lors de la mesure.

Après une période de stabilisation du moteur d'environ 100 cycles, le régime R, le couple C et la quantité K de carburant injectée lors de l'injection principale sont mémorisés par l'unité 80.

Ensuite, pour chaque injecteur i considéré dans le moteur, l'unité 80 effectue une série d'opérations 86 évaluant le décalage de l'injecteur i dans les conditions précédemment mémorisées de régime R, de couple C et de quantité de carburant injecté K. Ainsi, la série d'opérations 86 peut être effectuée quatre fois, une fois pour chaque injecteur i, de façon à déterminer un décalage $\Delta t_i(P)$ de chaque injecteur i à la pression P d'injection de carburant.

Chaque série d'opérations 86 comprend cinq suites 90 d'évaluation du décalage $\Delta t_i(P)$ de l'injecteur considéré. Lorsqu'une suite 90 d'évaluations est amorcée pour un injecteur (bloc 88), les opérations suivantes sont effectuées:

- 5 Une première opération (bloc 92) détermine un seuil S_{dQ} de dégagement de chaleur (utilisé comme décrit ultérieurement) en évaluant le dégagement dQ_m de chaleur moyen mesuré peu avant que l'injection pilote de carburant soit effectuée, puis en ajoutant à cette valeur moyenne dQ_m une quantité constante telle
- 10 qu'un dégagement de chaleur supérieur au seuil S_{dQ} soit détectable par rapport au dégagement moyen dQ_m . Dans cet exemple, quatre cycles de mesures sont utilisés pour calculer le dégagement dQ_m de chaleur moyen et la quantité constante ajoutée est de 0,15 J/deg.
- 15 Lors d'une deuxième opération (bloc 94), l'unité 80 détermine une durée Δt_f d'activation initiale faible, par exemple correspondant à l'injection de 0,01 milligramme de carburant, pour débiter la série des différentes durées d'activation et la détermination (bloc 96) du décalage $\Delta t_i(P)$
- 20 affectant l'injecteur i comme décrit ultérieurement à l'aide de la figure 9. Puis, le décalage $\Delta t_i(P)$ étant mesuré, sa valeur est mémorisée (bloc 98) en association avec la pression P d'injection utilisée afin de linéariser les mesures sur un domaine de pression, comme décrit ultérieurement à l'aide des
- 25 figures 10 et 11.

La détermination du décalage $\Delta t_i(P)$ représentée à la figure 9 utilise un calcul automatique pour déterminer la valeur de la durée d'activation la plus faible entraînant une injection pilote de carburant dans le cylindre, c'est-à-dire un dégagement de chaleur. A cet effet, les diverses durées d'activation commandées par l'unité 80 sont considérées comme composées d'une

30 partie fixe Δt_f , et d'une partie variable X_0 . La détermination de la durée d'activation minimale, ou du temps minimal d'activation d'un injecteur, consiste donc à rechercher une valeur de X_0

35 minimale, dite X_{0m} , telle qu'après un temps d'activation égal à

$\Delta t_f + X_{Om}$ le dégagement de chaleur mesuré dans la chambre de combustion soit supérieur à S_{dQ} .

Une telle recherche peut être effectuée à l'aide de divers procédés. Dans cet exemple, une dichotomie est utilisée pour réduire un intervalle délimité par des variables initiales X_{max} et X_{min} définies lors d'une opération d'initiation de la dichotomie (bloc 108) de façon telle que, pour une durée d'activation égale à $\Delta t_f + X_{max}$, un dégagement de chaleur dû à l'injection pilote soit détecté et que, pour une durée d'activation égale à $\Delta t_f + X_{min}$, cette injection pilote ne soit pas détectée, tandis que la variable X_0 est alors fixée à $X_{max} + X_{min} / 2$.

Puis, le calculateur 80 effectue des mesures de dégagement de chaleur (bloc 96) pour une durée d'activation égale à $\Delta t_f + X_0$, comme décrit à l'aide de la figure 6, c'est-à-dire en intégrant le dégagement 56' mesuré pour un délai d'activation de $\Delta t_f + X_0$.

En d'autres termes, lors d'une opération 96, on mesure le dégagement $dQ_m(\Delta t_f + X_0)$ de chaleur moyen sur la période $[\alpha_{min} ; \alpha_{max}]$ où α_{min} et α_{max} correspondent à des valeurs d'angles de vilebrequin respectivement préalables et postérieures à l'angle du vilebrequin où se produit l'éventuelle injection pilote.

En comparant (bloc 112) ce dégagement $dQ_m(\Delta t_f + X_0)$ moyen avec le seuil S_{dQ} de dégagement précédemment calculé sur ce même intervalle $[\alpha_{min} ; \alpha_{max}]$, on détermine si le dégagement $dQ_m(\Delta t_f + X_0)$ mesuré est supérieur au seuil S_{dQ} auquel cas on peut déduire que X_{min} est plus proche de X_{Om} que X_{max} . Dans ce cas, la variable X_{min} est maintenue à sa valeur initiale, et la variable X_{max} prend la valeur de la variable X_0 , la valeur de cette dernière variable X_0 étant la moyenne $(X_{min} + X_{max}) / 2$ de ces nouvelles bornes $(X_{min} ; X_{max})$ (bloc 114).

Inversement, si le dégagement $dQ_m(\Delta t_f + X_0)$ mesuré est inférieur au seuil S_{dQ} , on peut déduire que X_{max} est plus proche de X_{Om} que X_{min} . Dans ce cas, la variable X_{max} est maintenue à sa valeur initiale, la variable X_{min} prend la valeur de la variable

X_0 , la valeur de cette dernière variable X_0 étant calculée à partir des nouvelles bornes ($X_{\min}; X_{\max}$) (bloc 116).

Un test de convergence (opération 118) permet de vérifier si la période [$X_{\min}; X_{\max}$] satisfait à un critère de convergence donné, indicatif de la précision voulue dans le calcul du temps minimal d'activation ($\Delta t_f + X_0$). Si ce critère de convergence est satisfait, c'est-à-dire si l'intervalle [$X_{\min}; X_{\max}$] est inférieur à une durée donnée, l'unité 80 détermine la dernière valeur de X_0 comme étant égale à X_{om} , c'est-à-dire telle que le temps minimal d'activation mesuré est $\Delta t_f + X_{om}$ dans les conditions données (pression et régime) de fonctionnement (bloc 120).

Sinon, la période [$X_{\min}; X_{\max}$] étant trop grande, le calcul du dégagement de chaleur moyen sur la nouvelle période est effectué (bloc 96) ainsi que le test 112 sur cette nouvelle valeur et les opérations (blocs 114 et 116) déjà décrites.

Le stockage de ce résultat (bloc 98 de la figure 8) permet d'effectuer la moyenne des cinq valeurs calculées pour chaque paire donnée de conditions de pression et de régime.

Ces conditions de fonctionnement sont choisies de façon à couvrir l'ensemble de la plage de fonctionnement du moteur. A cet effet, en considérant que cette plage s'étend de 200 à 1600 bars (figure 10), une linéarisation des décalages mesurés est effectuée sur des plages de pression couvrant 200 bars de variation, telle qu'une plage allant de 400 à 600 bars.

Par la suite, lorsque le moteur fonctionne à une pression P comprise dans une telle plage de linéarisation, la valeur du décalage considéré pour cette pression P correspond à la valeur déterminée par cette linéarisation (figure 11).

Dans une autre réalisation de l'invention, on détecte le retard d'injection d'un injecteur en mesurant le courant ionique créé par une combustion de carburant. A cet effet, on intègre un capteur de courant ionique dans la chambre, par exemple à l'aide d'une bougie de préchauffage située dans le cylindre, cette bougie de préchauffage jouant le rôle d'une

électrode transmettant un courant lorsque des ions issus d'une combustion sont situés à sa proximité. Dans une autre réalisation, l'injecteur est utilisé comme électrode.

La figure 12 représente un tel courant électrique (axe des ordonnées 122) exprimé en volts en fonction des différentes durées d'activation des injecteurs testés. Sur cette figure 12, les mesures maximales de courant ionique relatives à quatre injecteurs i'_1 , i'_2 , i'_3 et i'_4 sont représentées. Ces durées d'activation sont exprimées en microsecondes (axe des abscisses 120). On observe alors qu'une augmentation des durées d'activation génère une augmentation du courant ionique mesuré.

Toutefois, de par sa nature locale, la mesure du courant ionique donne des mesures plus dispersées que celles concernant une pression ou un dégagement de chaleur. C'est pourquoi, comme représenté sur la figure 13 pour un injecteur i_1 , on peut réaliser plusieurs mesures de courant ionique pour une même durée d'activation et considérer la moyenne $\langle i_i \rangle$ de ces courants d'activation comme la mesure associée à cette durée afin de déterminer la durée minimale 125 d'activation générant une injection pilote.

Une autre réalisation de l'invention utilise la détection du courant ionique généré par l'injection principale pour détecter la réalisation d'une injection pilote. En effet, en effectuant une injection pilote préalable à l'injection principale, la quantité principale de carburant brûle sensiblement plus tôt que lorsqu'elle arrive dans une chambre plus froide.

Sur cette figure 14 est représenté l'instant où l'injection principale est détectée, cet instant étant défini par des degrés vilebrequin (axe des ordonnées 128) dans la chambre de combustion en fonction de différentes durées d'activation (axe des abscisses 130) commandées à des injecteurs i_5 , i_6 , i_7 et i_8 pour des injections pilotes.

On remarque, dans un premier temps, que la distribution des mesures effectuées dans cette réalisation diffère de la distribution des mesures de courant effectuées dans la réalisation précédemment décrite. De fait, les mesures
5 montrées à la figure 14 sont relatives à l'instant mesuré de l'injection principale de carburant, détecté par la mesure d'un courant ionique. Ainsi, en l'absence d'injection pilote (durée d'activation comprise entre 50 et 175 microsecondes), l'injection principale est détectée pour des valeurs de degrés vilebrequins comprises majoritairement entre huit et dix degrés.
10 Inversement, en présence d'injection pilote (durée d'activation comprise entre 200 et 400 microsecondes), l'injection principale débute plus rapidement pour se stabiliser à cinq degrés de vilebrequins.

15 On remarque aussi, dans un deuxième temps, que la variation de la valeur mesurée (degrés de vilebrequins) est plus importante, et donc plus facilement détectable dans cette réalisation que la variation de courant ionique dans la réalisation précédemment décrite. De fait, le courant ionique
20 créé par l'injection principale est plus important que le courant ionique créé par une injection pilote et sa mesure plus aisée.

De façon analogue à la réalisation précédemment décrite, des mesures multiples relatives à un injecteur i_1
25 (figure 15) peuvent être utilisées pour obtenir une mesure moyenne $\langle i_1 \rangle$ utilisée pour déterminer le seuil 133 indiquant la durée minimale d'activation générant une injection pilote.

Toutefois, les mesures de degrés vilebrequins ont aussi une distribution étendue et la durée d'injection minimale,
30 où débute la diminution du courant ionique, peut être de détermination insuffisamment précise.

C'est pourquoi, dans une réalisation, on utilise une combinaison de la détection des deux phénomènes décrits ci-dessus, c'est-à-dire la détection d'un courant ionique dû à une
35 injection pilote et l'influence de cette injection sur

l'injection principale pour obtenir une détection fine et linéaire de l'instant d'injection comme représenté sur la figure 16.

Sur cette figure 16 est représentée la mesure de
5 courant ionique (axe 136 des ordonnées) effectuée dans un cylindre pour des durées d'activation d_4 (courbe D_4), d_5 (courbe D_5) et d_6 (courbe D_6) d'activation distinctes de son injecteur. Les mesures de courant étant représentées suivant l'avancement du cycle en degrés vilebrequins (axe 138 des abscisses), on
10 remarque qu'en présence d'une injection pilote (courbes D_5 et D_6), l'injection principale est plus rapide et débute vers 3 degrés vilebrequins tandis qu'en l'absence d'injection pilote (courbe D_4), l'injection principale n'est détectée que vers huit degrés vilebrequins. Par ailleurs, on détecte l'injection pilote
15 (courbes D_5 et D_6) vers moins huit degrés vilebrequins.

Dans une réalisation de l'invention, les mesures de décalages et les mémorisations qui en résultent sont effectuées périodiquement, par exemple tous les 1000 km parcourus par le
véhicule.

20 Dans une variante de l'invention, les mesures et mémorisations sont effectuées lors des révisions du véhicule.

REVENDICATIONS

1. Moteur diesel comportant un dispositif de contrôle du débit d'injection de carburant, le dispositif comprenant au moins un injecteur de carburant commandé par un processeur, caractérisé en ce que le processeur comprend des moyens (80) pour commander une série d'activations de l'injecteur de différentes durées, des moyens pour mesurer un temps minimal d'activation ($\Delta T_{MA} + \Delta t$) entre l'émission d'une commande et le début d'une injection, et des moyens pour commander ultérieurement l'injecteur en fonction du temps minimal d'activation mesuré.
2. Moteur selon la revendication 1 caractérisé en ce que les moyens pour commander les durées d'activation comprennent des moyens pour modifier un temps minimal d'activation prédéterminé (ΔT_{MA}) d'un décalage (Δt) résultant de la mesure.
3. Moteur selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que, pour mesurer le temps minimal d'activation ($\Delta T_{MA} + \Delta t$), la chambre de combustion alimentée par l'injecteur comprend des moyens pour mesurer un paramètre physique ($P; dQ$) modifié par une injection de carburant et des moyens pour transmettre ces mesures au processeur.
4. Moteur sur la revendication 3 caractérisé en ce que, le paramètre physique mesuré étant la pression (P) dans la chambre, cette dernière comporte un capteur mesurant la pression et transmettant cette mesure au processeur.
5. Moteur selon la revendication 4 caractérisé en ce que le processeur comporte des moyens pour que les activations utilisées pour mesurer la pression soient distinctes des activations commandant les injections principales de carburant destinées à générer un couple au moteur.
6. Moteur selon la revendication 5 caractérisé en ce que le processeur comporte des moyens pour que les activations correspondent à des injections pilotes destinées à

établir des conditions optimales de température dans le cylindre vis-à-vis des injections principales.

7. Moteur selon l'une des revendications 3 à 6 caractérisé en ce que le processeur comprend des moyens pour évaluer le dégagement de chaleur (dQ) effectué par le mélange d'air et de carburant dans la chambre et mesurer le temps minimal d'activation à partir de ces évaluations.

8. Moteur selon la revendication 7 caractérisé en ce que le processeur comporte des moyens pour déterminer le dégagement de chaleur à partir de mesures de pression dans la chambre.

9. Moteur selon la revendication 8, caractérisé en ce que le processeur comporte des moyens pour déterminer le dégagement de chaleur à partir de mesures de pression dans la chambre à l'aide d'une relation du type :

$$\delta Q = 1/(\gamma - 1) * (\gamma P * dV + V * dP),$$

où δQ est le dégagement de chaleur, P et V la pression et le volume de ce mélange dans la chambre, dP et dV leurs variations et γ est une constante.

10. Moteur selon la revendication 6, 7, 8 ou 9, caractérisé en ce que le processeur comprend des moyens pour déterminer le temps minimal d'activation mesuré en évaluant le dégagement de chaleur moyen sur un intervalle du cycle moteur comprenant l'injection pilote.

11. Moteur selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le processeur comprend des moyens pour déterminer le temps minimal d'activation à partir de mesures d'un courant ionique détecté dans une chambre de combustion alimentée par cet injecteur.

12. Moteur selon la revendication 11 caractérisé en ce que l'électrode permettant de mesurer le courant ionique dans la chambre est une bougie de préchauffage et/ou l'injecteur.

13. Moteur selon la revendication 11 ou 12 caractérisé en ce que le processeur comprend des moyens pour déterminer le temps minimal d'activation mesuré à partir de

mesures de courant ionique engendré par une injection pilote de carburant.

14. Moteur selon l'une des revendications 11 à 13 caractérisé en ce que le processeur comprend des moyens pour déterminer le temps minimal d'activation mesuré à partir de mesures de courant ionique engendré par une injection principale de carburant.

15. Moteur selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs injecteurs alimentés en carburant par une rampe commune.

16. Moteur selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que la série d'activations de l'injecteur est effectuée à pression d'alimentation et à régime constants.

17. Moteur selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le processeur comprend des moyens pour effectuer de façon périodique les séries d'activations.

18. Processeur de commande du débit d'injection de carburant dans un moteur à combustion interne caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour commander une série d'activations de différentes durées à un injecteur, des moyens pour mesurer un temps minimal d'activation ($\Delta T_{MA} + \Delta t$) entre l'émission d'une commande et le début d'une injection, et des moyens pour commander ultérieurement cet injecteur en fonction du temps minimal d'activation mesuré.

19. Processeur selon la revendication 18, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour modifier un temps minimal d'activation prédéterminé (ΔT_{NA}) d'un décalage (Δt) résultant de la mesure.

20. Processeur selon la revendication 18 ou 19, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour que les activations utilisées pour mesurer le temps minimal d'activation soient distinctes des activations commandant les injections

principales de carburant destinées à générer un couple au moteur.

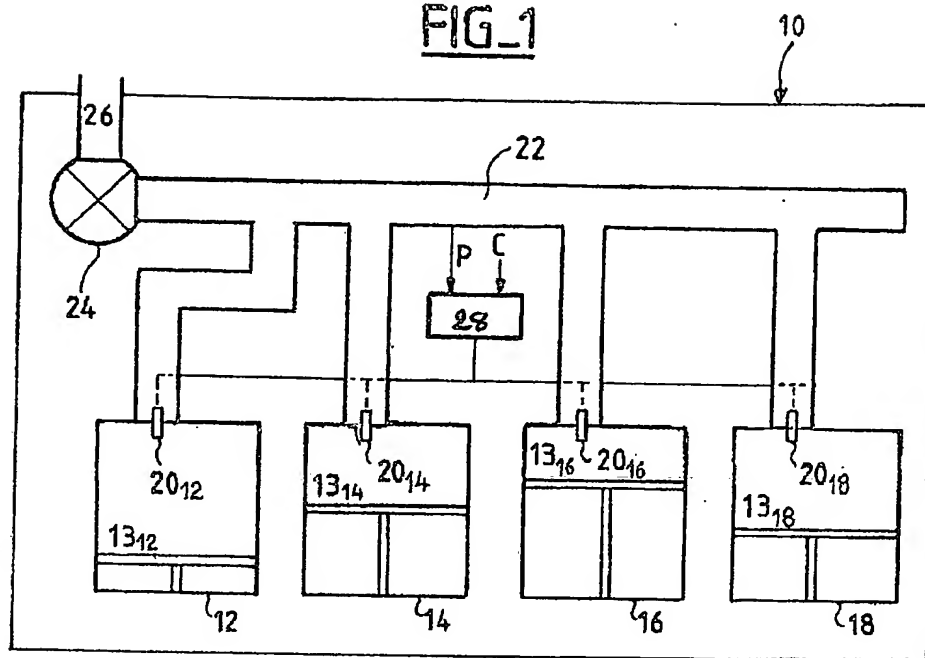
21. Processeur selon la revendication 20, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour que les activations correspondent à des injections pilotes destinées à établir des conditions optimales de température dans le cylindre vis-à-vis de l'injection principale.

22. Processeur selon l'une des revendications 18, 19, 20 ou 21, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour évaluer le dégagement de chaleur (dQ) effectué par le mélange d'air et de carburant dans la chambre et mesurer le temps minimal d'activation à partir de ces évaluations.

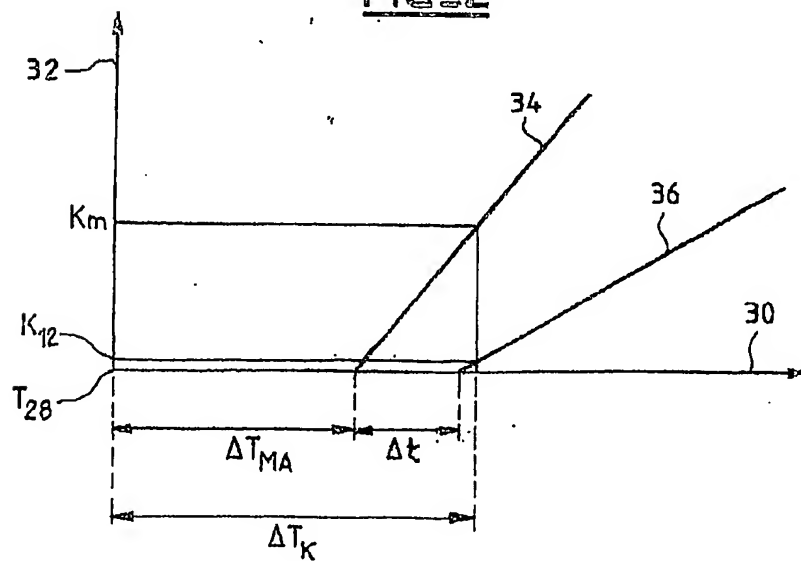
23. Processeur selon l'une des revendications 18 à 22, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour déterminer le temps minimal d'activation à partir de mesures d'un courant ionique détecté dans une chambre de combustion alimentée par cet injecteur.

1/9

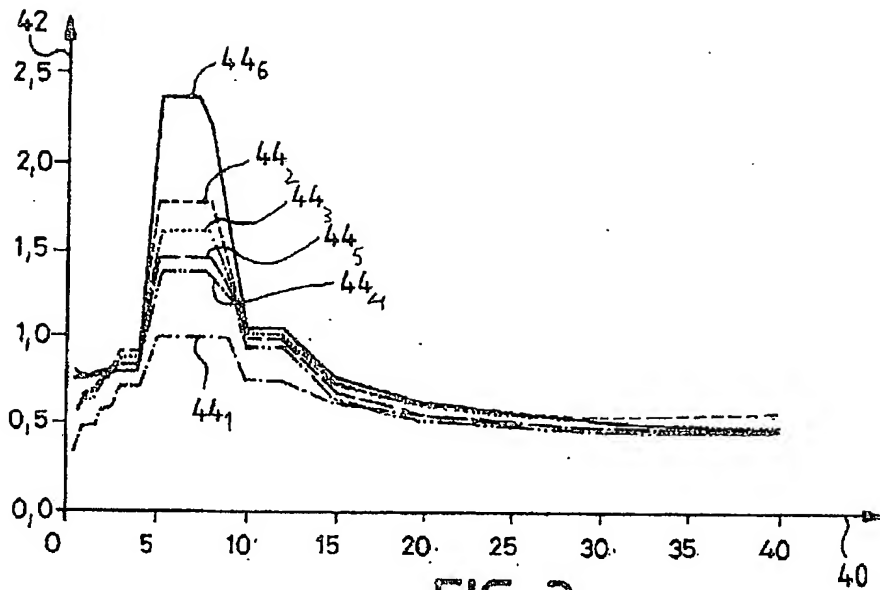
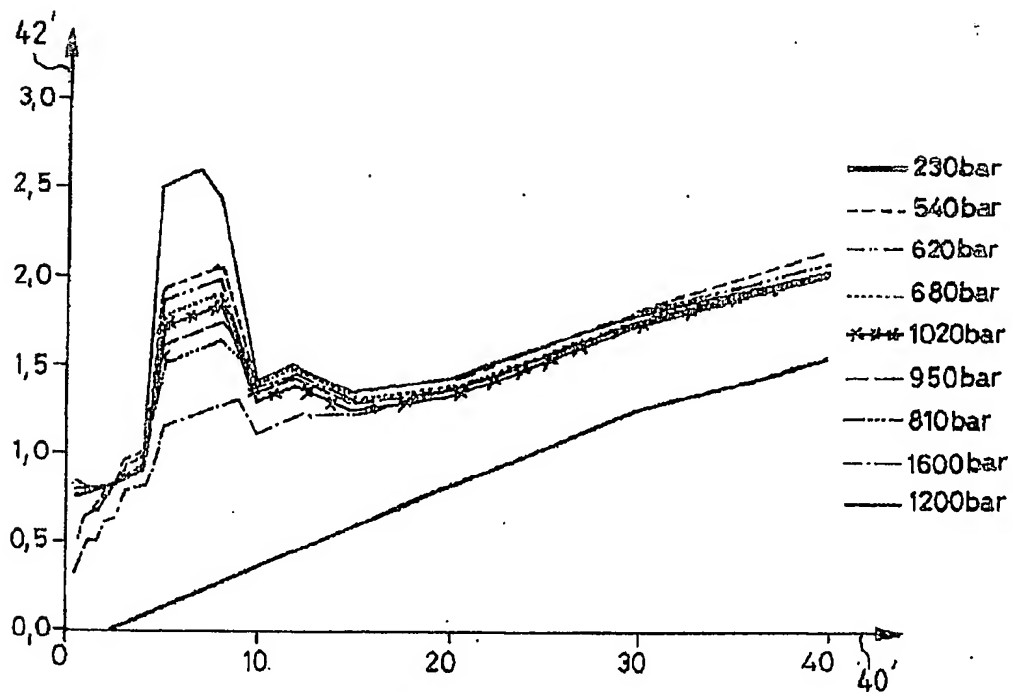
FIG_1



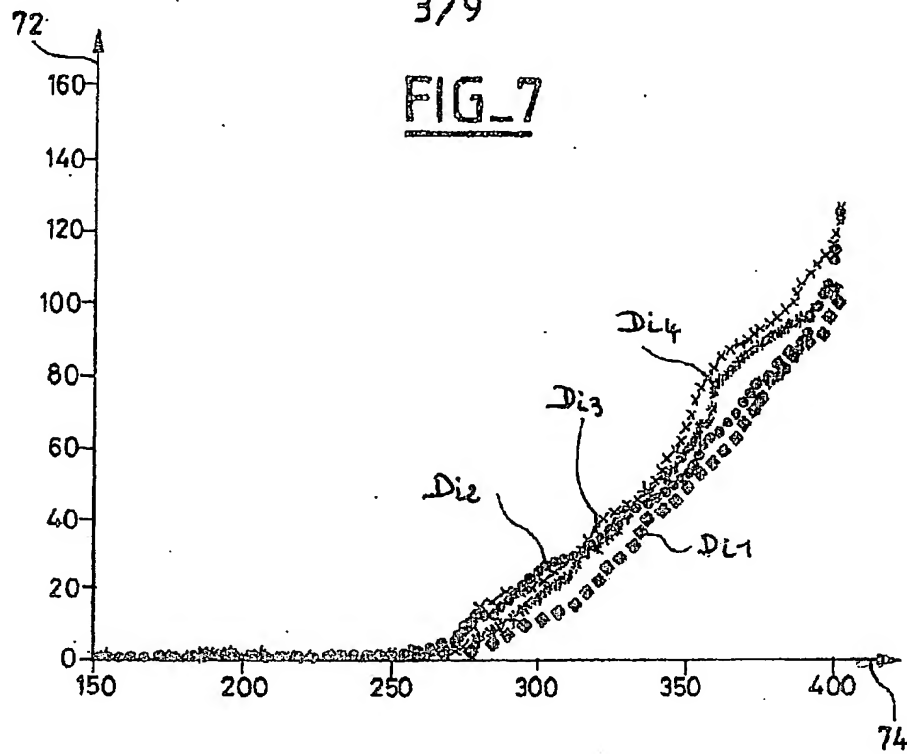
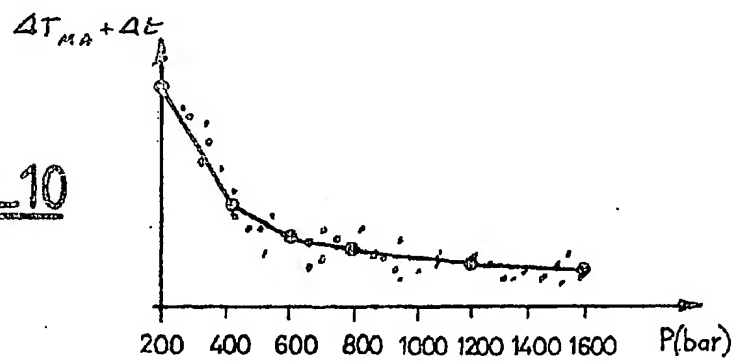
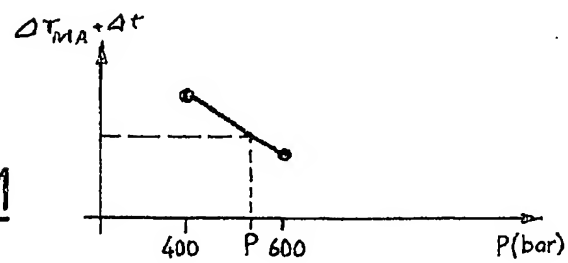
FIG_2



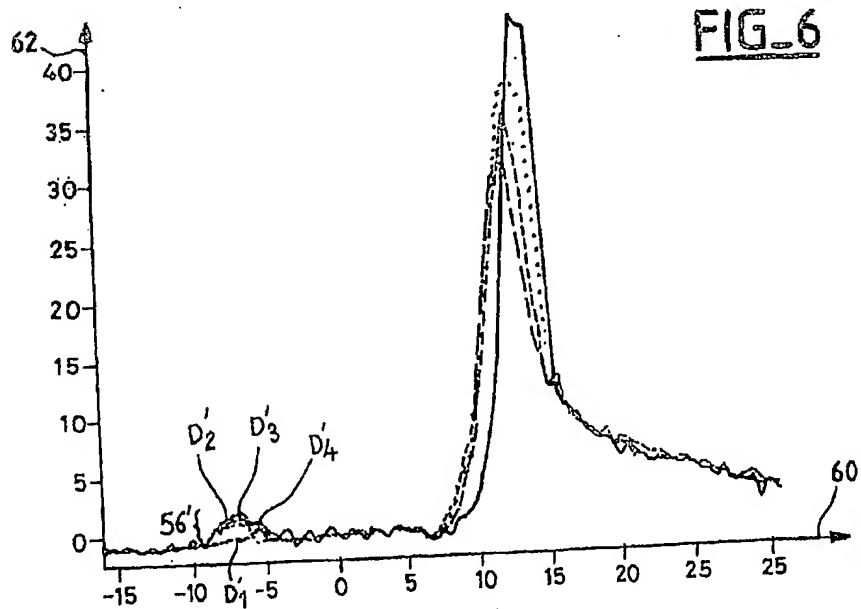
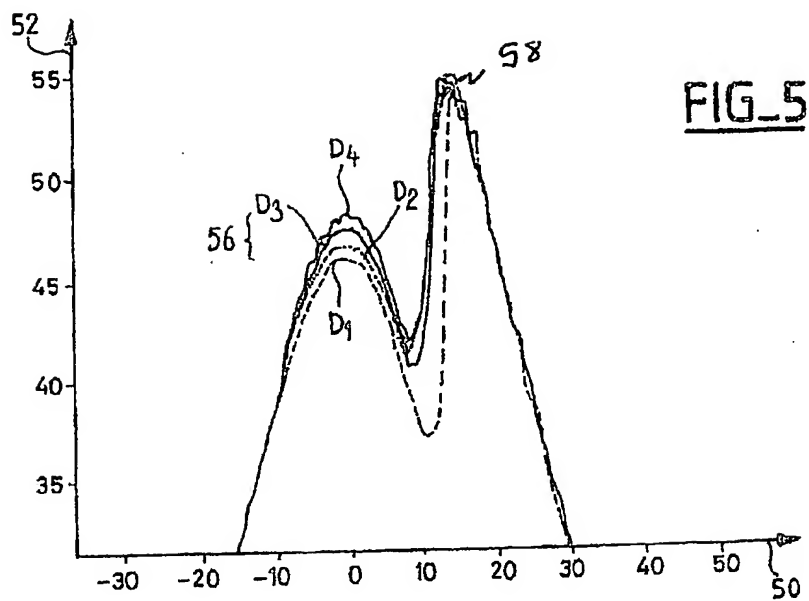
2/9

FIG_3FIG_4

3/9

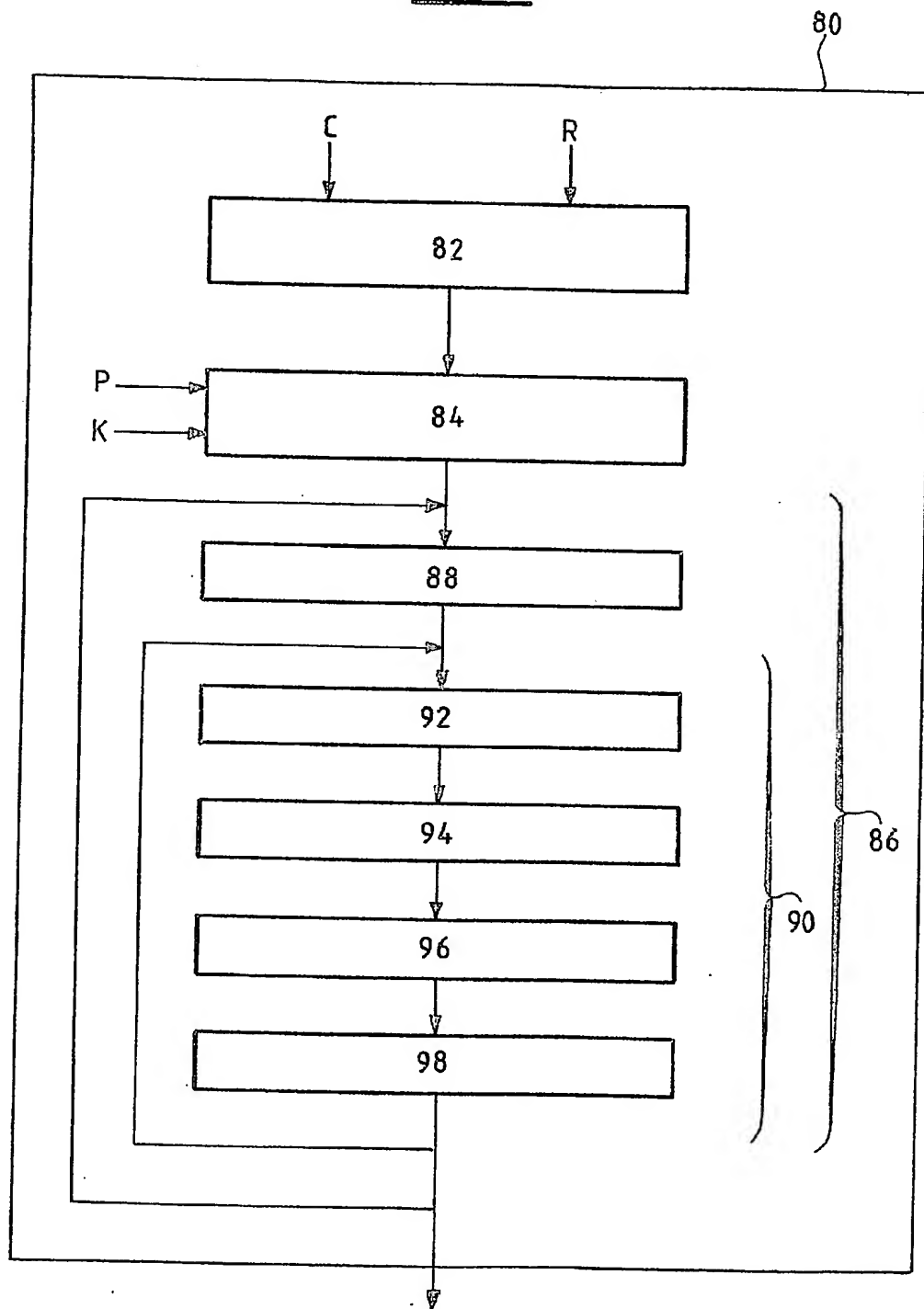
FIG_7FIG_10FIG_11

4/9



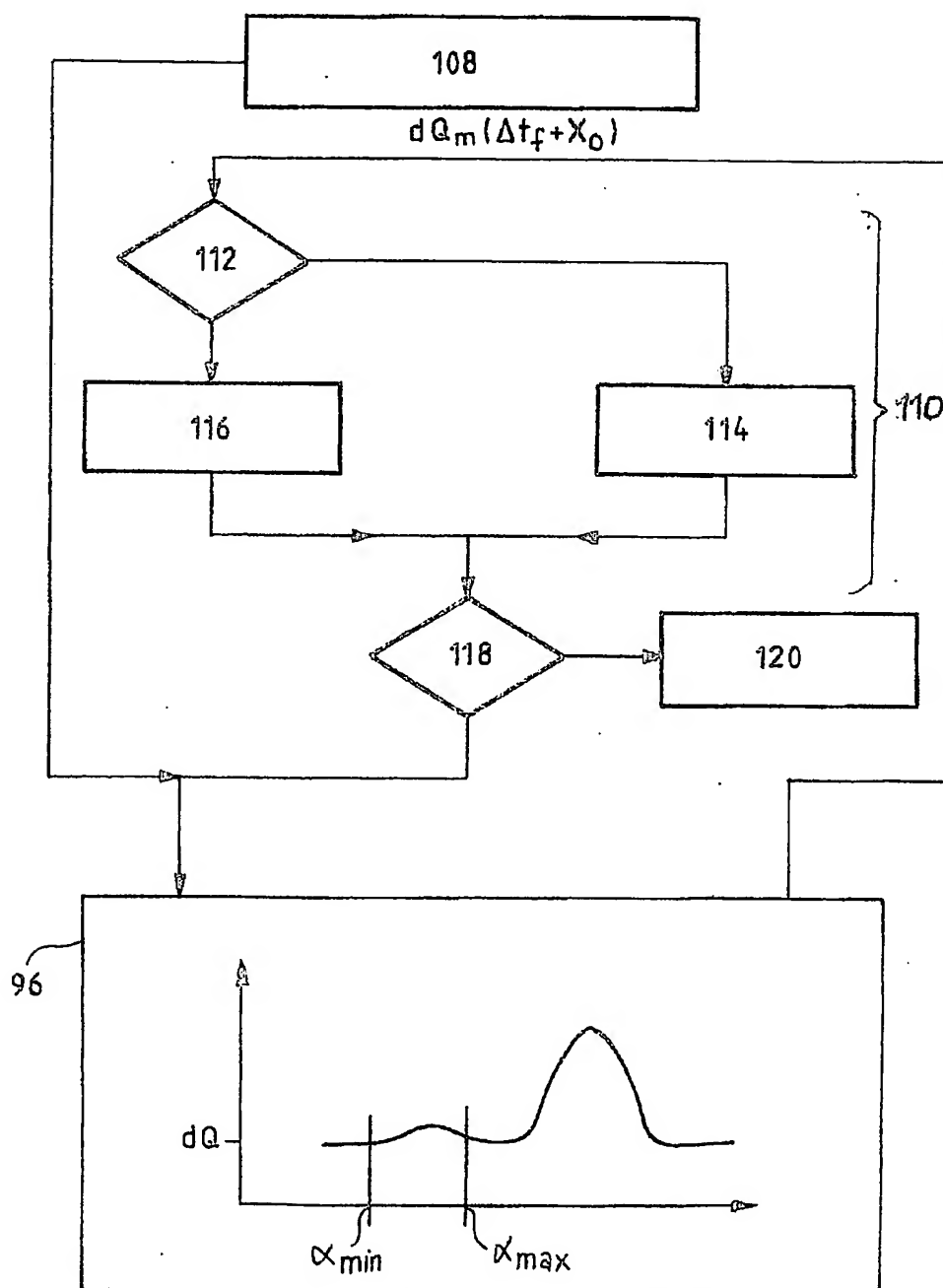
5/9

FIG_8

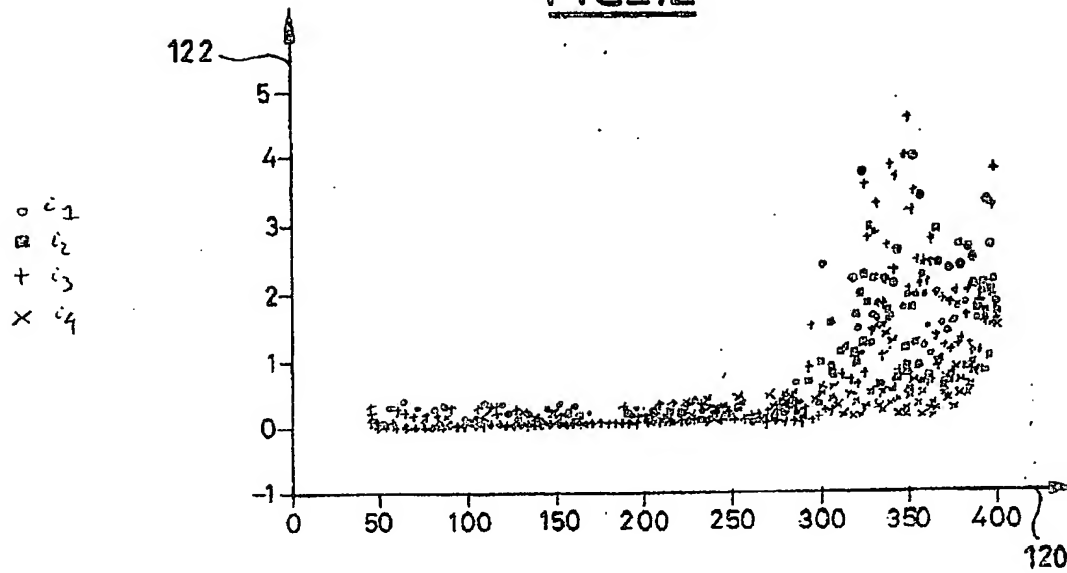
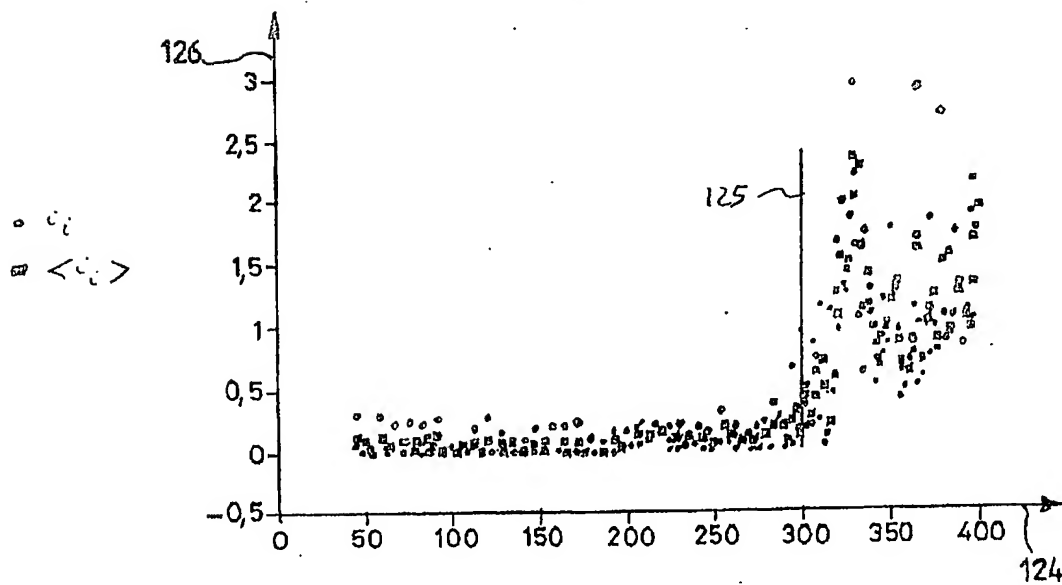


6/9

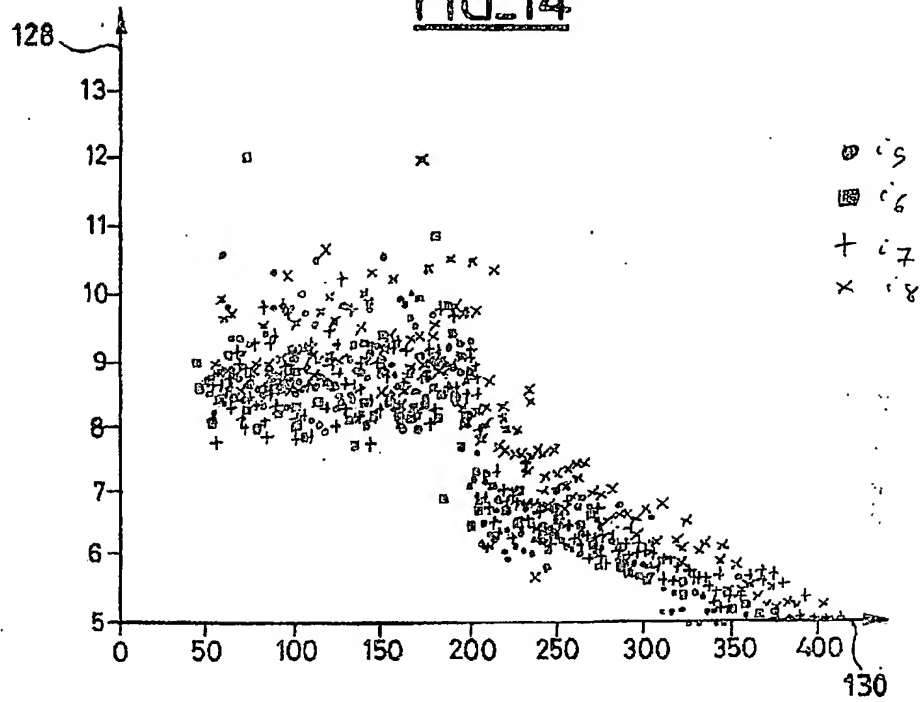
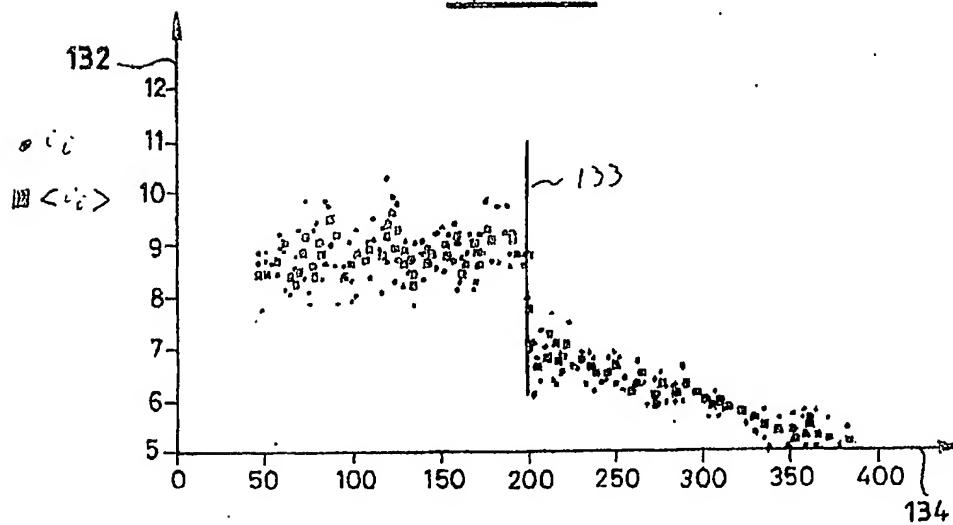
FIG_9



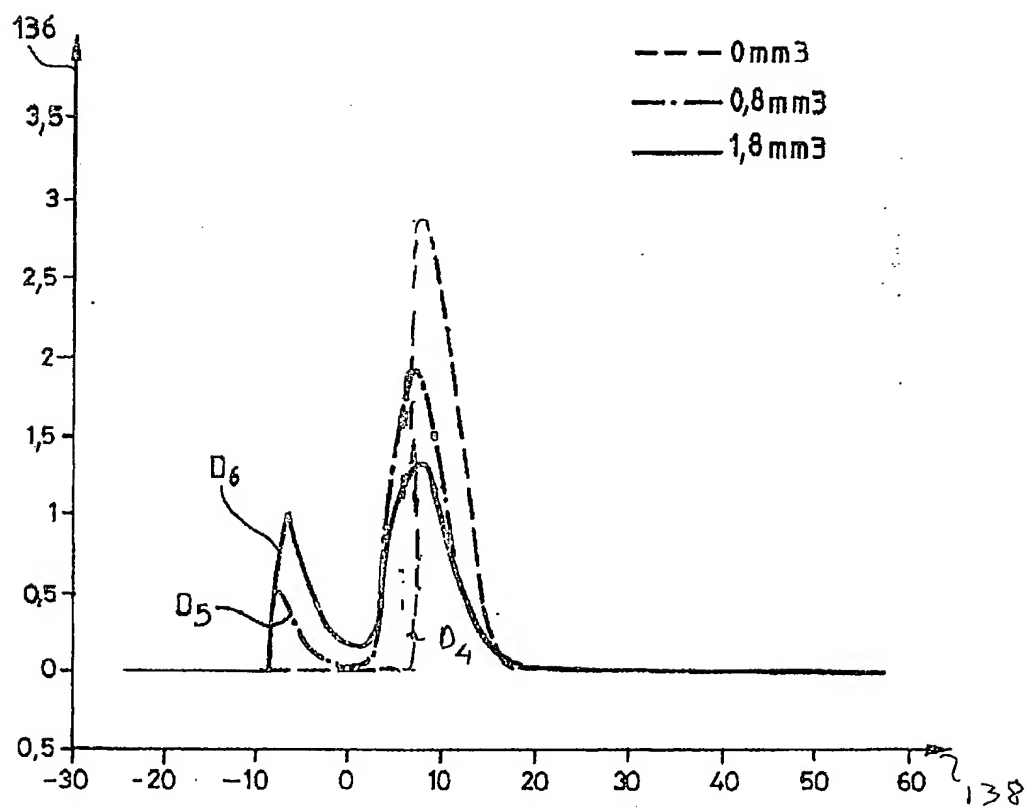
7/9

FIG_12FIG_13

8/9

FIG_14FIG_15

9/9


FIG_16

reçue le 17/04/02

Désignation de l'inventeur

Vos références pour ce dossier	B10800
N°D'ENREGISTREMENT NATIONAL	0204815
TITRE DE L'INVENTION	
MOTEUR DIESEL COMPORTANT UN DISPOSITIF DE CONTRÔLE DU DÉBIT D'INJECTION DE CARBURANT	
LE(S) DEMANDEUR(S) OU LE(S) MANDATAIRE(S):	

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S):	
Inventeur 1	
Nom	VERMONET
Prénoms	Claire
Rue	7 avenue Victor HUGO
Code postal et ville	75116 PARIS
Société d'appartenance	
Inventeur 2	
Nom	SOUCHON
Prénoms	Vincent
Rue	3 Villa du clos de Malevart
Code postal et ville	75011 PARIS
Société d'appartenance	
Inventeur 3	
Nom	MEISSONNIER
Prénoms	Guillaume
Rue	1 Bourges
Code postal et ville	41180 LANDES LE GAULOIS
Société d'appartenance	

DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE	
Signé par:	
	
Date	17 avr. 2002

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.